

CICLUL CARDIAC. ZGOMOTELE CARDIACE.

X1. CICLUL CARDIAC

Definiție. Ciclul cardiac (CC) reprezintă succesiunea modificărilor de volum și presiune din cavitățile cordului și repetarea lor în timpul activității cardiace.

Principii generale:

- activitatea electrică a inimii precede activitatea mecanică a acesteia;
- contracția inimii drepte o precede cu 0,02 sec. pe cea a inimii stângi;
- circulația sângelui prin cavitățile cordului se face în sens unic: de la atrii la ventriculi și de la ventriculi la vasele mari, fiind determinată de gradientul presional și de valve;
- deschiderea valvelor inimii se face în sensul circulației sângelui prin cavitățile cordului, iar închiderea valvelor se face în sens invers circulației;
- valvele inimii drepte (tricuspidă și pulmonară) se deschid înainte și se închid după cele stângi (mitrală și aortă);
- datorită importanței anatomice și fiziologice a miocardului ventricular, **contracția cardiacă (sistola) se raportează la sistola ventriculară, iar celelalte faze sunt descrise în funcție de diastola ventriculară.**

Fazele ciclului cardiac. CC cuprinde două faze mari:

- **sistola** care reprezintă contracția cordului, cu o durată de aproximativ 0,3 sec. În această fază, ventriculii pompează sângele în marea și mica circulație;
- **diastola** sau relaxarea cordului cu o durată de aproximativ 0,5 sec., în timpul căreia ventriculii se umplu cu sângele venit din atrii.



- atunci când cei doi termeni sunt folosiți fără referire la anumite cavități înseamnă că **ne referim la contracția și relaxarea ventriculilor;**
- atriile parcurg și ele aceleași faze de contracție și relaxare: contracția atrială (sistola atrială) are loc spre sfârșitul diastolei ventriculare, iar diastola atrială se produce în timp ce ventriculii se contractă.
- de obicei, în scop didactic, fazele CC sunt reprezentate grafic pentru inima sângă - atriul și ventriculul stâng, deoarece aici se înregistrează cele mai mari presiuni. Dar și inima dreaptă parcurge aceleași faze, însă la presiuni mult mai mici, de maximum 25 mmHg în timpul sistolei ventriculare.

Pentru o mai bună înțelegere, fazele ciclului cardiac sunt exemplificate grafic în figura X1. în care sunt redate modificările de presiune și de volum de la nivelul ventriculului stâng, aortei și atriilor, simultan cu o înregistrare ECG și o fonocardiogramă. Deși din punct de vedere grafic, reprezentarea este pentru inima stângă, în comentariu vom utiliza informații pentru ambele cavități, pentru a avea o imagine globală a evenimentelor care se produc în timpul unui ciclu cardiac. În figura X2. sunt redate fazele CC, în relație cu dinamica vasculară.

I. Sistola ventriculară cuprinde două etape

1. **Sistola izovolumetrică sau contracția izovolumetrică – izometrică – CIV**, cu o durată de 0,05 sec..

- CIV este perioada de creștere a presiunii intraventriculare, care durează de la închiderea valvelor atrio-ventriculare ($M_{\uparrow T_{\uparrow}}$), până la deschiderea sigmoidelor aortei și pulmonare ($P_{\downarrow A_{\downarrow}}$);
- odată cu închiderea valvelor atrio-ventriculare, ventriculii devin cavități închise, peretele acestora se mulează pe coloana de sânge, iar tensiunea parietală începe să crească.

2. **Faza de expulzie sau de ejecție a sângelui.**

- când presiunea din VS depășește presiunea din aortă, adică 80 mmHg, iar cea din VD depășește presiunea din artera pulmonară, adică 8 mmHg, valvele sigmoide se deschid și începe următoarea fază, de contracție ventriculară izotonică sau heterometrică (cu scurtarea fibrelor musculare) sau *de ejecție*;

Această fază cuprinde, la rândul ei:

- o **ejecția rapidă** (0,09 sec.).
 - începe odată cu deschiderea valvelor semilunare pulmonare și aortice. Din acest moment, VS comunică larg cu aorta, iar VD cu artera pulmonară formând, fiecare, o cavitate cu două compartimente, în care presiunile evoluează concordant;
 - în timpul acestei faze: se ating valorile maxime ale presiunii - 120 mmHg pentru VS și 25 mmHg pentru VD și circa 70% din volumul de sânge din ventriculi este expulzat cu viteză mare în aortă și artera pulmonară.
- o **ejecția lentă** (0,13 sec.).
 - este cuprinsă între vârful presiunii ventriculare și închiderea valvelor sigmoide;
 - presiunile din ventriculi scad, datorită încetării contracției, a golirii ventriculilor și acumulării sângelui în vasele mari.

II. Diastola ventriculară cuprinde următoarele etape:

1. **protodiastola fiziologică** (0,04 sec.)
 - corespunde perioadei de la sfârșitul ejecției lente, în care se egalizează presiunile ventricul-aortă (respectiv pulmonară), pentru un timp foarte scurt și sângele este împins în vase, datorită inerției;
 - după acest moment, presiunea fiind mai mare în vasele mari decât în ventriculi, se închid pasiv sigmoidele;
2. **relaxarea izovolumetrică – RIV** (0,08 sec.) durează de la închiderea valvelor sigmoide (aortă și pulmonară) până la deschiderea valvelor atrioventriculare;
 - presiunea din VS scade rapid, ajungând aproape de 0 mmHg, fiind mai mică decât cea din atriul stâng, iar volumul de sânge din VS rămâne constant.
3. **umplerea rapidă ventriculară** (0,11 sec.);
 - presiunea din ventriculi fiind apropiată de 0 mmHg, iar cea din atriul fiind mai mare cu câțiva mmHg, înseamnă că sângele trece rapid, datorită diferenței de presiune, din atriul în ventriculi.
 - ca urmare a acestei umpleri ventriculare, volumul de sânge din ventriculi crește cu cca. 70%.
4. **umplerea lentă** (0,19 sec. – 0,27 sec.)
 - este perioada în care, atât atriile cât și ventriculii sunt în diastolă, motiv pentru care vorbim despre diastola generală sau **diastesis**;

- presiunea din ventriculii este încă ușor inferioară față de cea din atri, ceea ce face ca sângele să continue să treacă în ventriculi;
 - aportul acestei faze la umplerea ventriculară este de cca. 10%.
5. **sistola atrială** (0,11 – 0,15 sec.) survine la sfârșitul perioadei de umplere lentă, după care, datorită diferențelor presionale (presiunea mai mare în ventriculi prin umplerea lor, decât în atri) se închid valvele atrio-ventriculare și se reiau aceleași faze ale ciclului cardiac.

Diastola atrială – durează cca. 0,7 sec.

- atriile se umplu cu sânge în timpul contracției ventriculare, deoarece în timpul acestei faze, fibrele ventriculare se scurtează, iar planșeul atrio-ventricular este tras către ventriculi. Prin urmare, atriile devin cavități mai mari, cu o presiune mai mică, inferioară celei din marile vene, care facilitează aspirarea sângelui și umplera atriilor.
- pe curba de presiune atrială se observă o undă negativă, care coboară sub 0 mmHg.

Relația durata CC – frecvență cardiacă.

- la o frecvență cardiacă de 75 b/min. durata ciclului cardiac este de aproximativ 0,8 secunde;
- prima fază din ciclul cardiac care se modifică în funcție de frecvența cardiacă este umplerea lentă, apoi umplerea rapidă;
- cele mai stabile perioade sunt sistola izovolumetrică și relaxarea izovolumetrică.

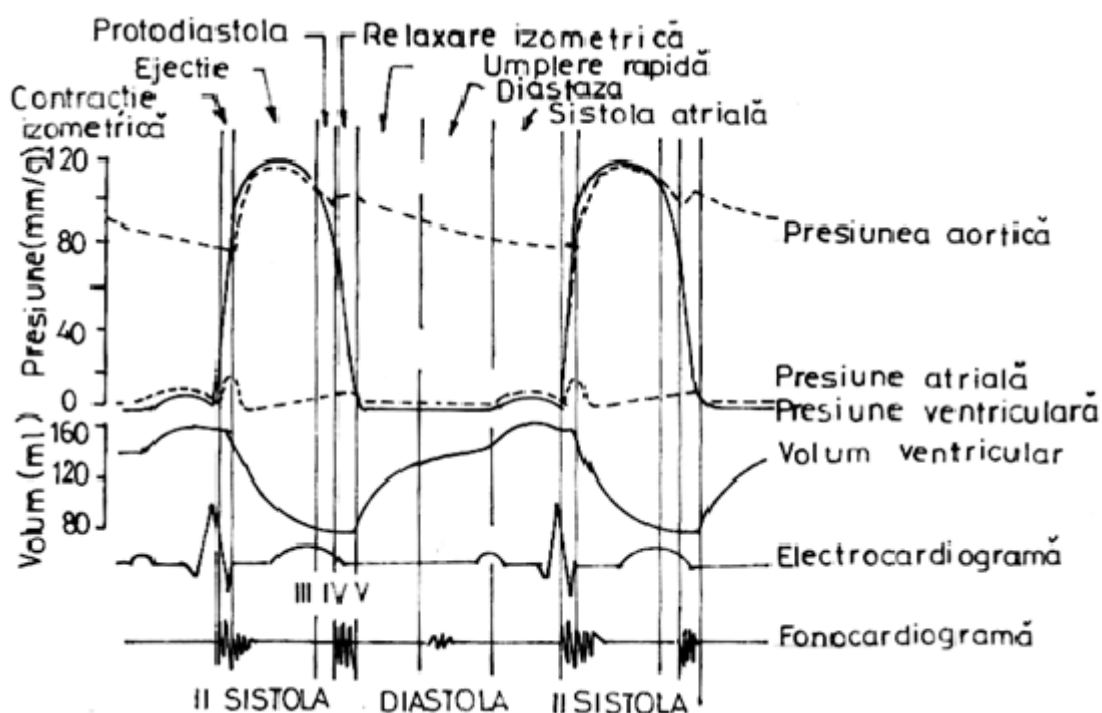


Figura X.1. Reprezentarea grafică a modificărilor de presiune și de volum din ventriculul stâng, aortă și atri corelate cu fazele ciclului cardiac, cu un traseu ECG și cu un traseu de fonocardiogramă.

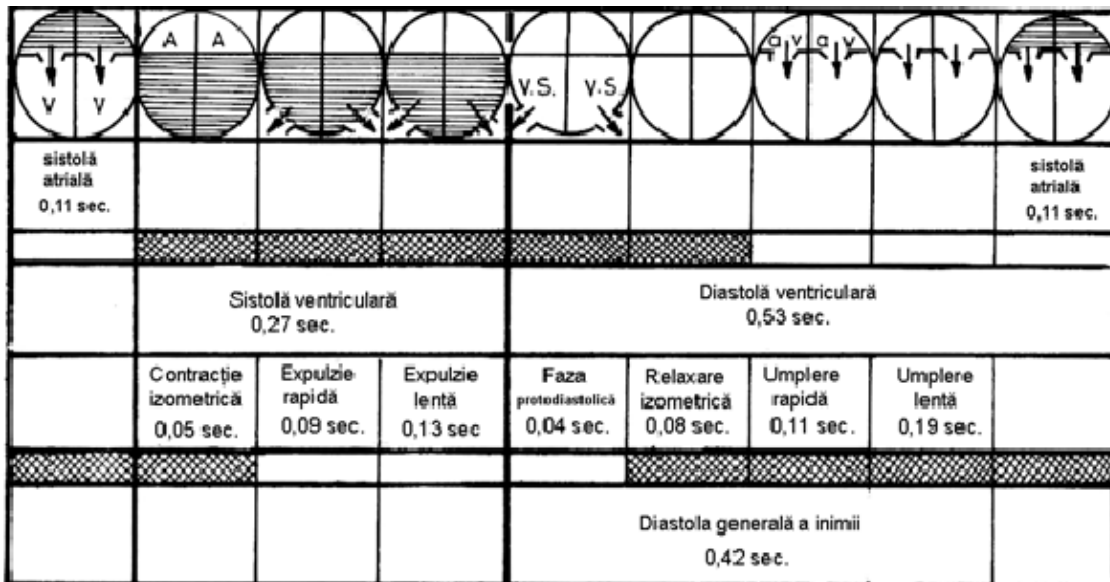


Figura X2. Fazele CC, în relație cu dinamica valvulară. Legendă: V – ventriculi; A – atrii; V.S. – valve sigmoide; av – valve atrio-ventriculare.

X2. ZGOMOTELE CARDIACE

Zgomotele cardiace sunt vibrații audibile determinate de activitatea inimii în timpul unui ciclu cardiac.

Ca orice vibrație sonoră, zgomotele cardiace se caracterizează și ele prin:

- tonalitate sau frecvență, exprimată în număr de cicli pe secundă sau Hz;
- intensitate, exprimată în dyne/cm² sau decibeli;
- durată, măsurată în secunde;
- timbru, în funcție de numărul de armonice ce însoțesc sunetul fundamental.

Zgomotele produse de activitatea inimii pot fi cuprinse între 20 – 500 Hz (banda ascultatorie a lui Luissada), iar zgomotele cardiace **normale se situează între 20 – 200 Hz și 40 decibeli.**

Analizatorul auditiv percepe zgomote între 16–20.000 Hz. Zgomotele cardiace de frecvență joasă nu pot fi astfel percepute de ureche, eventual le putem simți la palparea toracelui, datorită intensității lor sau le putem înregistra pe fonocardiogramă.

Geneza zgomotelor cardiace.

La generarea zgomotelor cardiace participă o serie de elemente:

- *valvulare*. Dinamica valvulară participă în cea mai mare parte la generarea unui zgomot cardiac. Închiderea valvelor se realizează în sens invers circulației sângelui și generează zgomote mult mai intense decât deschiderea lor, care se face în sensul circulației sângelui;
- *musculare*: contracția musculaturii ventriculare;
- *vasculare*: vibrația pereților vasculari ai aortei și pulmonarei în timpul ejecției rapide;
- *hemodinamice*: ciocnirea a două mase de sânge cu accelerații diferite creează turbulență și facilitează apariția zgomotelor.

Clasificarea zgomotelor cardiace

Cei mai mulți autori împart zgomotele cardiace în:

- zgomote sistolice: zgomotele I și II.
- zgomote diastolice: zgomotele III și IV.

Zgomotul I este un zgomot de tonalitate joasă, grav, mai lung, care marchează începutul sistolei ventriculare, iar zgomotul II este mai subțire, de tonalitate mai înaltă, mai scurt, marcând sfârșitul sistolei și începutul diastolei ventriculare. De cele mai multe ori, cele

două zgomote sunt reproduse prin verbalizare ca “**lub - dub**” (figura X3).

Zgomotul I

- este un zgomot de tonalitate joasă, grav, mai lung decât zgomotul II, care marchează începutul sistolei ventriculare;
- apare la maximum 0,04 sec. de la debutul undei Q de pe ECG, suprapunându-se ca durată peste o parte din complexul QRS;
- pe o durată de cca. 0.05 sec. se suprapune cu faza de CIV, restul generându-se la începutul fazei de ejecție rapidă;
- durează 0,08 – 0,12 sec.;
- frecvența de 80 Hz;
- este alcătuit dintr-un presegment, segment principal și postsegment.
 - segmentul principal al zgomotului I este generat, în proporție de 70-80% de dinamica valvelor atrio-ventriculare de la începutul sistolei ventriculare, faza de CIV: mitrală închidere, tricuspida închidere, pulmonară și aortă deschidere: **Mî Tî Pd Ad**.
 - cea mai importantă componentă valvulară din acest segment este componenta mitrală închidere;
 - acest segment mai este generat, în proporție mică și de contracția musculaturii ventriculare.
 - postsegmentul zgomotului I este generat de distensia și vibrația pereților aortei și pulmonarei, în ejecția rapidă.

Zgomotul II

- marchează sfârșitul sistolei ventriculare și începutul diastolei;
- apare la 0,02–0,04 sec. de la unda T de pe ECG;
- durează 0,06-0,10 sec.;
- frecvența de 100–120 Hz;
- este alcătuit din presegment, segment principal și postsegment.
 - segmentul principal este generat de componentele valvulare, aortă și pulmonară închidere, (Aî Pî) din care componenta Aî este mai importantă – dând 80% din valoarea sonoră a zgomotului. Între aceste două componente este un decalaj de 0,02 sec..
 - postsegmentul se aude rar și este generat de tricuspida și mitrală deschidere (Td, Md).
 - între segmentul principal și postsegmentul zgomotului II se află perioada de relaxarea izovolumetrică. La copii, acest zgomot e mai intens în focarul pulmonarei, iar la vârstnici în focarul aortei.



Între zgomotul I și II este **pauza mică** – sau **sistola ventriculară**, iar între zgomotul II și următorul zgomot I – **pauza mare** sau **diastola**.

Zgomotul III

- este un zgomot produs în diastola ventriculară, faza de umplere rapidă, fiind generat de relaxarea musculară și componenta hemică;
- apare la 0,13 sec. după zgomotul II;
- durată de 0,04 –0,06 sec.;
- frecvența de 25–50 Hz;
- se aude sau se înregistrează la copii, tineri cu perete toracic subțire sau la gravide, spre sfârșitul sarcinii;

- peste vârsta de 40 de ani, apariția lui are semnificație patologică. Apariția acestui zgomot va adăuga încă un zgomot în ritmul sonor normal al inimii, dând impresia de “galop” (galop ventricular).

Zgomotul IV

- se produce la finalul umplerii ventriculare, când atriile sunt în sistolă, dar **nu** este generat de contracția atrială, care este prea slabă pentru a genera un zgomot;
- este generat de componenta hemică, prin ciocnirea dintre o masă de sânge aflată în mișcare și sângele aflat în repaus în ventricul;
- apare la 0,02–0,04 sec. după debutul undei P de pe ECG;
- frecvență joasă de 20 Hz, intensitate slabă;
- este considerat fiziologic numai la tineri, până la 20 ani.

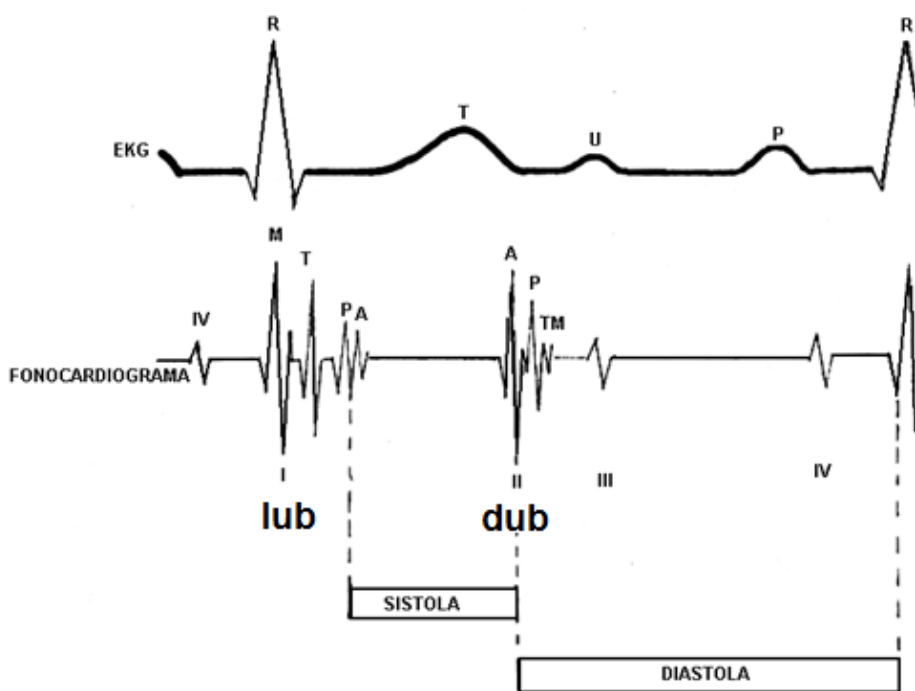


Figura X3. Zgomotele cardiace și relația lor cu electrocardiograma. Legendă: M – valva mitrală; T – valva tricuspida; P – valva pulmonară; A – valva aortică; R – unda R din complexul QRS.

X3. METODE DE ASCULTAȚIE A ZGOMOTELOR CARDIACE.

- directă – punând urechea pe torace
- indirectă – cu stetoscopul

Stetoscopul.

Este un instrument care preia și amplifică sunetele produse de diverse organe (inimă, plămâni, vase, inima fătului în uterul matern).

- clasic, un stetoscop este alcătuit dintr-un clopot și o diafragmă (membrană sensibilă) care, împreună, formează piesa de ascultație;
- sunetele produse de diverse organe produc vibrații ale diafragmei, care sunt transmise printr-un tub către urechile celui care ascultă;
- piesa de ascultație se continuă cu un tub de cauciuc care, după un traiect mai lung sau mai scurt se împarte în două și se continuă cu două brațe metalice, care se termină cu piesele auriculare, câte una pentru fiecare ureche.
- Clopotul și diafragma au roluri diferite în transmiterea sunetelor, astfel:

- clopotul este folosit aplicând o presiune mică de apăsare pentru a asculta sunetele cu frecvența joasă;
- diafragma este folosită aplicând presiune crescută de apăsare pentru a asculta sunetele cu frecvență înaltă.
- există diafragme reglabile care alternează între modurile de operare - clopot și diafragmă printr-o simplă modificare de presiune asupra piesei de ascultație.
 - se aplică presiune mică pentru a asculta sunetele cu frecvențe joase;
 - se aplică presiune mare pentru a asculta sunetele cu frecvențe înalte.



Figura X4. Stetoscopul



- Lungimea tubulaturii stetoscopului trebuie să fie: suficient de scurtă pentru a transmite bine frecvențele înalte, dar și suficient de lungă pentru a oferi o poziție ascultatorie comodă, atât examinatorului cât și pacientului. În general, această caracteristică a stetoscopului trebuie să aibă în vedere înălțimea examinatorului, lungimea brațului acestuia, precum și gradul său de mobilizare.
- Calitatea pieselor auriculare: acestea trebuie să nu provoace suferință examinatorului, în același timp să fie fixe pe orificiul extern auditiv. De evitat piesele auriculare care pătrund prea adânc în canalul auditiv!

Arii de ascultație a zgomotelor cardiace

Zgomotele cardiace se ascultă în aria precordială cu ajutorul unui stetoscop plasat în anumite puncte numite **focare de ascultație sau arii de ascultație**.

Tradițional se descriu **patru focare de ascultație** (figura X5) corespunzătoare celor patru orificii valvulare. În principiu, în aceste focare ar trebui să se audă cu intensitate maximă sau exclusiv, diferitele fenomene acustice care iau naștere la orificiul valvular corespunzător.

Zgomotele se propagă de la orificiile valvulare în sensul de curgere al sângelui.

Focarele sau ariile de ascultație clasice sunt:

- **Focarul mitral** – localizat în spațiul 5 intercostal stâng, la întâlnirea cu linia medioclaviculară.
- **Focarul tricuspidian** - spațiul 4 intercostal, parasternal dreapta sau mediosternal, la baza apendicelui xifoid
- **Focarul aortic** - spațiul 2 parasternal drept
- **Focarul pulmonar** - spațiul 2 parasternal stâng
- **Focarul Erb** - în spațiile 3–4 intercostal, parasternal stânga – pentru valva mitrală



În focarele de la vârful inimii, mitral și tricuspidian se aude mai bine zgomotul I, iar în cele de la baza inimii se aude mai bine zgomotul II.

Ascultația corectă a cordului nu trebuie să se limiteze doar la cele patru, cinci focare clasice, deoarece există zgomote patologice, ca de exemplu suflurile care pot iradia la distanță mai mare de cord. Din acest motiv, este indicată lărgirea ariei de ascultație la nivelul axilei, arterelor carotide (între marginea anterioară a mușchiului sternocleidomastoidian și cartilajul cricoid), pe cele două margini ale sternului sau interscapulovertebral.

Se recomandă ca ascultația inimii să se facă într-o anumită ordine, existând mai multe recomandări în acest sens, cea mai cunoscută fiind "secvența de ascultație Braunwald":

- spațiul 2 ic. drept
- carotida dreaptă
- carotida stângă
- spațiul 2 ic. stâng
- marginea stângă /dreaptă a sternului
- apendice xifoid
- apex
- linia axilară stângă

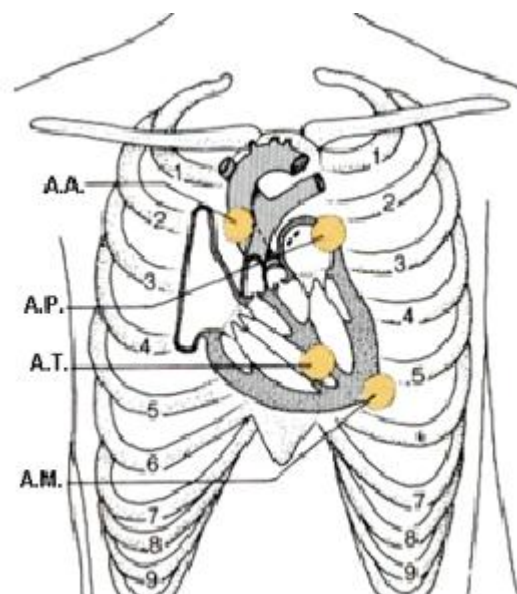


Figura X5. Focarele sau ariile de ascultație ale inimii: A.A. – aria aortică; A.P. – aria pulmonară; A.T. – aria tricuspidei; A.M. – aria mitrală (după

Fonocardiograma

Înregistrarea zgomotelor cardiace se face prin fonocardiografie, iar graficul obținut se numește fonocardiogramă.

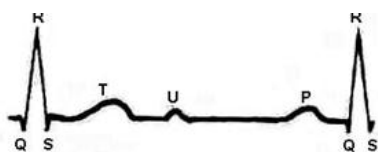
Această metodă clasică aprofundează ascultația inimii și permite evidențierea unor fenomene sonore care pot să scape urechii examinatorului. Actualmente este considerată o metodă depășită, zgomotele cardiace fiind explorate în timpul efectuării unei ecocardiografii.

Modificări ale zgomotelor cardiace.

Zgomotele cardiace pot fi **accentuate** (se aud mai intense), **diminuate** (se aud mai slab) sau **dedublate**. În plus, datorită unor boli se pot produce zgomote care se adaugă celor normale (supraadăugate), astfel de zgomote fiind **clipurile și suflurile**.

- **Accentuarea**
 - *fiziologică*: apare la tinerii cu perete toracic subțire, în tahicardia din efortul fizic sau în stări emoționale;
 - *patologică*: în hipertensiunea arterială și hipertensiunea pulmonară.
- **Diminuarea**
 - *fiziologică*: la obezi, în somn, la bătrâni, datorită emfizemului pulmonar;
 - *patologică*: hipotensiune, insuficiență cardiacă, colecții pleurale și pericardice.
- **Dedublări:**
 - *fiziologice* - dedublarea zgomotului II. Atunci când decalajul dintre închiderea aortei și pulmonare este de până la 0,02 sec, se aude un singur zgomot. Când acest decalaj este mai mare de 0,02 sec. se aud distinct: închiderea aortei și închiderea pulmonare.
 - această dedublare apare în inspir și dispare în expir și se datorează creșterii afluxului venos în timpul inspirului.

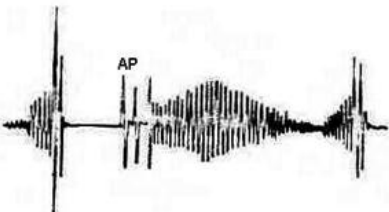
- din acest motiv, timpul de ejecție al VD crește, măbind intervalul dintre Aî și Pî.
- o *patologice* - dedublările zgomotelor I, II se percep atât în inspirație cât și în expirație, chiar dacă în inspirație dedublarea este mai accentuată.
- *Fenomene sonore supraadaugate - clicuri și sufluri.*
 - o *Clicurile* sunt fenomene sonore cu durată sub 0,04 sec. Se percep ca și componente distincte ale zgomotelor I sau II și se produc la deschiderea unor valve sclerozate, de exemplu deschiderea valvei mitrale în stenoza mitrală sau a valvei aortice în stenoza aortică.
 - o *Suflurile* sunt fenomene sonore cu durată de peste 0,12 sec. (figura X6.) Ele apar datorită modificării regimului de curgere în cavitățile cardiace sau în vasele emergente (curgere turbulentă).
 - la copii și tineri se pot întâlni curgeri turbulente la nivelul aortei ascendente în perioada ejecției rapide, când se produc *suflurile sistolice funcționale*. Acestea se aud inconstant, sunt variabile cu poziția și cu mișcările respiratorii. Mai apar în efort, în sarcină sau în hipertiroidism.
 - suflurile patologice apar cel mai frecvent în bolile valvelor atrioventriculare sau sigmoidiene, care pot fi de tip **stenoză sau insuficiență valvulară**.
 - pentru localizarea precisă a suflurilor în sistolă sau diastolă, clinicienii au împărțit cele două faze ale ciclului cardiac în trei părți egale
 - sistola clinică (pauză mică) între zgomotul I și II: cuprinde proto, mezo și telesistola;
 - diastola clinică (pauză mare) între zgomotul II și III: cuprinde proto, mezo și telediastola.



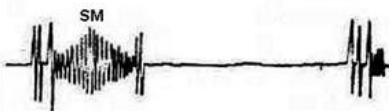
Electrocardiogramă



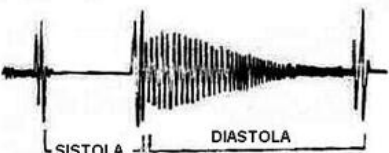
Insuficiență mitrală; suflu holosistolic



Stenoză mitrală cu suflu diastolic sau uruitură diastolică.



Stenoză aortică cu suflu holosistolic, rombic



Insuficiență aortică; suflu diastolic descrescător.

Figura X.6. Reprezentarea schematică a suflurilor din valvulopatii (după Netter, 1969).



Studiu individual

1. Utilizând un dicționar medical sau alte materiale de documentare explicați înțelesul următorilor termeni: izometric, izovolumetric, heterometric, ejecție, expulzie, insuficiență valvulară, stenoză valvulară, insuficiență mitrală, stenoză mitrală, insuficiență aortică, stenoză aortică, insuficiență tricuspidiană, stenoză tricuspidiană, diastola generală a inimii.
2. După modelul oferit de figura X1., desenați și explicați modificările de presiune și volum de la nivelul inimii drepte (VD, arteră pulmonară, atriu drept) în timpul ciclului cardiac.
3. Numiți modificările care apar pe o electrocardiogramă într-o stenoză mitrală.

FIȘĂ DE LUCRU ÎN LABORATOR

1. În tabelul de mai jos notați durata fiecărei componente a ciclului cardiac și precizați faza majoră din care acestea fac parte. Indicați prin I sau D care valve sunt închise sau deschise.

Faza	Contrația izometrică	Expulzie rapidă	Expulzie lentă	Protodiastola fiziologică	Relaxarea izometrică	Umplerea rapidă	Umplerea lentă	Sistola atrială
Durata								
Valve AV								
Valve sigmoide								
Faza								

2. Precizați ce fază a ciclului cardiac se desfășoară între momentele valvulare Mî Ad și identificați cavitatea.

3. Precizați ce fază a ciclului cardiac se desfășoară între momentele valvulare PîTd și identificați cavitatea.

4. Precizați ce fază a ciclului cardiac se desfășoară între momentele valvulare AdAî și PdPî și identificați cavitățile.

5. Precizați care sunt factorii care generează zgomotul I.

6. Precizați care sunt factorii care generează zgomotul II.

7. Precizați care sunt factorii care generează zgomotele III și IV.

8. Precizați care sunt focarele în care zgomotul I se aude cel mai bine. Dar zgomotul II ?